

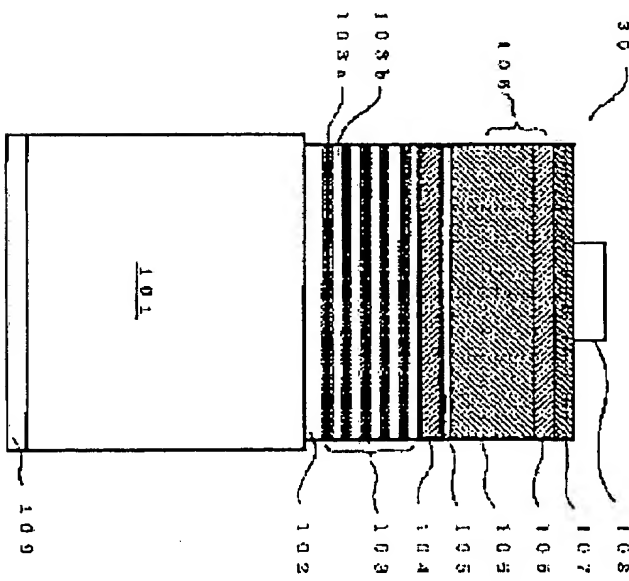
AlGaInP LIGHT EMITTING ELEMENT WITH WINDOW LAYER

Patent number: JP2000353820
Publication date: 2000-12-19
Inventor: UDAGAWA TAKASHI; NABEKURA WATARU; TAKEUCHI RYOICHI
Applicant: SHOWA DENKO KK
Classification:
- international: H01L33/00; H01S5/183; H01S5/323
- european:
Application number: JP19990166352 19990614
Priority number(s):

Abstract of JP20000353820

PROBLEM TO BE SOLVED: To acquire an AlGaInP light emitting element of high brightness by providing a specified p-type clad layer, a light emitting layer and an n-type clad layer in a GaAs single crystalline substrate and providing a window layer consisting of zinc oxide thereon.

SOLUTION: P-type clad layers 104, 106 consisting of (AlαGa1-αIn1-xP ($0 \leq \alpha \leq 1$, $0 < x < 1$), a light emitting layer 105, an n-type clad layer and a window layer 107 of a polycrystalline zinc oxide are formed on a GaAs single crystalline substrate 101. In the process, the composition ratio (1-X) of indium of an AlGaInP layer is made 0.5, thereby obtaining good lattice-match to a GaAs substrate 101. It is desirable that zinc oxide is hexagonal wurtzite type crystal, a polycrystalline zinc oxide film is preferably orientated C-axially and the resistivity is made $1 \times 10^3 \ \Omega \cdot \text{cm}$ or less. Although zinc oxide crystal shows n-type conduction in its so-called undoped state wherein impurities are not added intentionally, an n-type zinc oxide window layer 107 of lower resistivity can be formed by doping a group III element.



(19) 日本国特許庁 (J P) (12) 公開特許公報 (A) (11) 特許出願公開番号

特開2000-353820

(P2000-353820A)

(43) 公開日 平成12年12月19日 (2000.12.19)

(51) Int. Cl.⁷ 識別記号

H 0 1 L 3 3 / 0 0
H 0 1 S 5 / 1 8 3
5 / 3 2 3
F I
H 0 1 L 3 3 / 0 0
H 0 1 S 5 / 1 8 3
5 / 3 2 3
B 5 F 0 4 1
5 F 0 7 3
フ-71-b* (参考)

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 7 頁)

最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平11-166352

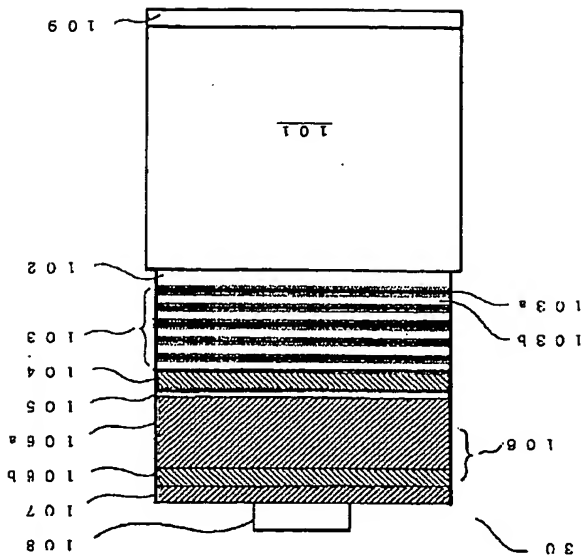
(22) 出願日

平成11年6月14日 (1999. 6. 14)

(54) [発明の名称] 窓層を備えたA l G a l n P 発光素子

(57) [要約]

【課題】高輝度のA l G a l n P 発光素子を獲得するために必要な透明導電性窓層の構成要件と積層構成を提供する。
【解決手段】n形クラッド層を、ギャップ濃度を相違する高低両ギャップ濃度のn形A l G a l n P 層から構成し、高ギャップ濃度層側に、c軸方向に配向したI I I族元素をドーピングしたn形酸化亜鉛からなる透明導電性窓層を有する構成とする。



- 【特許請求の範囲】
 【請求項1】GaaS単結晶基板上に、それぞれ(A1^αGa_{1-α})^xI_{n₁-x}P(0≤α≤1, 0<X<1)かn形ラップド層、発光層、及びn形ラップド層を有し、さらにその上に多結晶体の酸化亜鉛からなる窓層を有することを特徴とする発光素子。
 【請求項2】Inの混晶比(1-X)が、0.5であることを特徴とする請求項1記載の発光素子。
 【請求項3】酸化亜鉛が、六方晶ワルツ鉱型結晶で、主にc軸方向に配向していることを特徴とする請求項1または2記載の発光素子。
 【請求項4】酸化亜鉛が、第11族元素が添加され、n形の伝導性を有することを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の発光素子。
 【請求項5】第11族元素が、硼素、アルミニウム、ガリウム、インジウムから選ばれた一種類以上の元素であることを特徴とする請求項4記載の発光素子。
 【請求項6】n形ラップド層が、キヤリヤ濃度を相違する2層を含み、キヤリヤ濃度の低い方の層が発光層側にあり(A1層とし、キヤリヤ濃度をN1とし)、キヤリヤ濃度の高い方の層が窓層側にあり(A2層とし、キヤリヤ濃度をN2とする)ことを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の発光素子。
 【請求項7】N1が1×10¹⁷cm⁻³以上で5×10¹⁸cm⁻³未満であり、N2が5×10¹⁸cm⁻³以上で3×10¹⁹cm⁻³以下であることを特徴とする請求項6に記載の発光素子。
 【請求項8】A2層が、層厚5nm以上で500nm以下であることを特徴とする請求項6または7に記載の発光素子。
 【請求項9】A1層のドーパントが珪素であり、A2層のドーパントが第VI族元素であることを特徴とする請求項6～8のいずれか1項に記載の発光素子。
 【請求項10】第VI族元素が、セレンまたはテルドであることを特徴とする請求項9に記載の発光素子。
 【発明の詳細な説明】
 【0001】
 【発明の属する技術分野】
 リン化アルミニウム・ガリウム・インジウム(A1GaInP)活性層から発光を外部へ出射するに好都合な窓層を具備する高輝度のA1GaN P発光素子に関する。
 【0002】
 【従来の技術】
 (A1^αGa_{1-α})^xI_{n₁-x}P(0≤α≤1, 0<X<1)多元混晶にあって、特に、インジウム組成比(=1-X)を0.5とする(A1^αGa_{1-α})^xI_{n₁-x}P(0≤α≤1, 0.5I_{n_{0.5}}P(0≤α≤1)は、砒化ガリウム(GaAs)単結晶と良好な格子整合性を有し(Appl. Phys. Lett., 57(27)(1990), 2937～2939頁参照)、例えば赤橙色系を放射する発光素子(LED)或いはレーザーダイオード【特許請求の範囲】
 (LD)に利用されている(Appl. Phys. Lett., 64(21)(1994), 2839～2841頁参照)。これらの発光素子の発光部は、光の「閉じ込め」効果を利用して高強度の発光を得るために、pn接合型のダブルヘテロ(DH)接合構造から構成するのが通例である(Appl. Phys. Lett., 61(15)(1992), 1775～1777頁参照)。
 【0003】
 DH構造発光部とは、発光(活性)層、上部及び下部クラッドから構成される発光を司る機能部位である。クラッド層は、限定された領域内(発光層内)で電子と正孔とを集中して放射再結合させるために、発光層を挟持して設けられる障壁層である。発光層領域内で、都合良くキヤリア(carrier)の再結合を起すために、クラッド層は発光層よりも禁止帯幅(band gap)を大きくして構成される。例えば、(A1_{0.2}Ga_{0.8})^{0.5}I_{n_{0.5}}Pから発光層を構成し、クラッド層を(A1_{0.7}Ga_{0.3})^{0.5}I_{n_{0.5}}PとするDH構造が開示されている(Appl. Phys. Lett., 58(10)(1991), 1010～1012頁参照)。
 【0004】
 従来の(A1^αGa_{1-α})^xI_{n₁-x}P発光素子において、DH構造発光部の上方には素子動作電流を発光部へ広範に拡散させるため、電流拡散の役目も担う窓(ウインドウ)層を配置するのが通例となっている(SPIE, Vol. 3002(1997), 110～118頁参照)。窓層は、発光面積を拡大するために敷設する結晶層であるから、出来る限り低抵抗の結晶層から構成するのが好ましい。また、窓層は発光の取り出し方向に対して透明な禁止帯幅の大きな半導体材料から構成する必要がある。従来より、窓層を砒化アルミニウム・ガリウム結晶(A1_{0.5}Ga_{0.5}As: 0≤C≤1)から構成する例が開示されている(上記のAppl. Phys. Lett., 58(1991)参照)。また、リン化ガリウム(GaP)から構成する例も知られている(J. Electrochem. Mater., 20(1991), 1125～1130頁参照)。窓層として利用されるGaP結晶層の層厚は約10μmから数10μmであり(前出のSPIE, Vol. 3002参照)、よって(A1^αGa_{1-α})^xI_{n₁-x}P結晶層の一般的な成長方法である有機金属熱分解気相成長(MOC-VPPE)法に比較すれば、より簡単に厚膜が成膜できるハロゲン(halogen)或いはハイドライド(hydride)VPPEにより形成されている。
 【0005】
 III-V族化合物半導体材料に加え、透明な酸化物結晶層を発光部の上方に配置する積層構成も開示されている。例えば、アメリカ合衆国特許第5,481,122号では、P形オーミックコンタクト層上に酸化インジウム・錫(indium-tin oxide; 略称ITO)層が配置されている。また、リン化砒

り、 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上であるのが望ましい。一般的には $3 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ を越える高キャリア濃度とすると表面の平坦性が乱され、良好なオーミック接触が安定し得られ難くなる。この様な高キャリア濃度の n 形 ($A_{1-x}Ga_x$) $_{0.5}In_{0.5}P$ ($0 \leq x \leq 1$) 層を形成する際の n 形不純物としては、元素周期律の第Ⅰ族に属する珪素 (Si) 等よりも、第Ⅶ族に属するセレン (Se) やテルル (Te) が好ましい。

【0018】また、 n 形 $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{In}_{0.5}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$) 発光層側に設ける。発光層側に n 形不純物を多量にドーピングした高キャリア濃度層を設けると、多量に存在する n 形不純物が発光層内へと侵入し発光層の伝導形成にはキャリア濃度または発光層と上部 $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{In}_{0.5}\text{P}$ 層との接合界面の組成の急峻性を悪化させ、発光特性を劣悪なものとするからである。低キャリア濃度の n 形キャリア濃度は、 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上で $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 未満であるのが好ましい。このキャリア濃度は第Ⅶ族不純物のドーピングにより達成できるが、発光層への n 形不純物の拡散を抑制する観点から、より熱拡散しにくい第Ⅰ族不純物である珪素 (Si) を用いることが好ましい。

【0019】高キャリア濃度層の層厚としては 5 nm 以上であれば充分である。 5 nm 未満では膜を形成するのが困難で、 n 形酸化亜鉛層との良好なオーミック接触特性が得られない。層厚が 50 nm を越えると、層内に含まれる第Ⅶ族元素の総量が増加することとなり、多量の第Ⅶ族不純物が発光層内へと侵入し、発光層の特性を劣化させる要因となる。一方、低キャリア濃度層の層厚は、発光層内部へ侵入する高キャリア濃度層内に含まれる n 形不純物の量を抑制するための層でもある。そのため、 $\text{MO}-\text{VPE}$ 法により n 形 $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{In}_{0.5}\text{P}$ 層を成膜する温度が約 700°C 前後であることを考慮すると、低キャリア濃度層の層厚は約 $0.5 \mu\text{m}$ を越える厚さとするのが好ましい。また、発光層に拡散する高キャリア濃度の n 形不純物の量は、低キャリア濃度層の層厚が大いほど、減少できる。厚さの上限については、例えば $10 \mu\text{m}$ でも構わないが、厚膜とすると成長時間がかかり、高温の成長温度での保持時間が増加し、 $\text{P}-\text{VPE}$ が発光層へと拡散する機会が増え、発光層との接合界面の組成急峻性が損なわれるなど好ましくない。

【0020】

【実施例】(実施例1) 以下、本発明を実施例を基に詳細に説明する。図1は本実施例に係る発光素子10の平面模式図である。また、図2は、図1に示す発光素子10の破線 $A-A'$ に沿った断面構造を示す模式図である。

【0021】短波長可視発光素子10を、亜鉛 (Zn) $\text{P}-\text{VPE}$ 形 (001) $-\text{GaAs}$ 単結晶基板101上に、減圧 $\text{MO}-\text{VPE}$ 法により順次積層した、 Zn $\text{P}-$

合がある。動作電流を広範囲に拡散させるには、膜の連続性に欠ける単結晶膜よりも、連続性の高い多結晶酸化亜鉛膜が有利である。なお多結晶酸化亜鉛膜には非晶質体の酸化亜鉛膜も含まれる。

【0014】この場合、多結晶酸化亜鉛膜を、 c 軸方向に優先的に配向させ、且つ、動作電流を平面的に拡散するために、抵抗率 (比抵抗) を $1 \times 10^3 \Omega \cdot \text{cm}$ 未満とすることが好ましい。このような酸化亜鉛膜は、窓層形成時に、被堆積物の温度を約 250°C から約 450°C に設定することにより得られる。窓層の層厚は約 5 nm 以上であるのが望ましく、約 $5 \mu\text{m}$ を越えると、表面の平坦性が悪化し発光強度の発光面内での均一化が低下する。

【0015】酸化亜鉛結晶は不純物を故意に添加しない、所謂 $\text{アンダー}(\text{undoped})$ 状態で n 形の伝導を呈するが、第Ⅰ族元素をドーピングすれば、より確実に低比抵抗の n 形酸化亜鉛窓層が形成できる。アルミニウム (Al)、ガリウム (Ga) やインジウム (In) 等の第Ⅲ族元素をドーピングすれば、比抵抗を約 $2 \sim 3 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ とする窓層として充分な導電性が付与された n 形酸化亜鉛結晶層が得られる。例えば、 $A_{1-x}Ga_x$ 酸化亜鉛層は、 $A_{1-x}Ga_x$ 不純物を例えば、約 $2 \sim 5$ 重量%含む酸化亜鉛から成る成型材をターゲットとしてスパッタリングすれば形成できる。また、このようなターゲット材料の表面にレーザー光を照射するレーザーアブレーション法でも形成できる。この場合、 $\text{P}-\text{VPE}$ は必ずしも一種に限定する必要はない。例えば、 Al と Ga の両方が添加された n 形酸化亜鉛結晶層からも窓層が形成できる。酸化亜鉛結晶層の比抵抗は通常のホール (H a_{11}) 効果測定法等により測定できる。

【0016】本発明では、上記の n 形多結晶の酸化亜鉛窓層を DH 構造発光部の一構成層である n 形 $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{In}_{0.5}\text{P}$ 層の上に堆積する。ここでは、単層または単一もしくは多重子井戸構造から成る発光層上の、発光を取り出す方向に配置した $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{In}_{0.5}\text{P}$ 層を、上部 $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{In}_{0.5}\text{P}$ 層と称する。また、窓層を成す n 形酸化亜鉛層とのオーミック接触を果たす関係上、上部 $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{In}_{0.5}\text{P}$ 層は n 形の ($A_{1-x}Ga_x$) $_{0.5}In_{0.5}P$ ($0 \leq x \leq 1$) から構成されるものとする。この様に上部 $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{In}_{0.5}\text{P}$ 層上に、従来の如く禁止帯幅の小さな材料から成る $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{In}_{0.5}\text{P}$ 層を介さずに窓層を設ければ、発光の吸収が回避でき高輝度の発光を得ることができる。

【0017】従来のように、酸化物結晶とのオーミック接触を得るためのコンタクト層を配置しなくても、 n 形 $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{In}_{0.5}\text{P}$ 層をキャリア濃度を相違する2つの層を有するように構成し、その内、高いキャリア濃度層上に、 n 形酸化亜鉛窓層を形成すれば n 形 $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{In}_{0.5}\text{P}$ 層間でのオーミック接合は充分に達成できる。低抵抗のオーミック接触を形成するために、高キャリア濃度層の n 形キャリア濃度は、少なくとも約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上は必要であ

図である。
【0027】<011>方向に4°傾斜した、ZnF-
アルミニウム((CH₃)₃Al)、トリメチルガリウム
((CH₃)₃Ga)及びトリメチルインジウム((CH₃)₃In)をIII族構成元素の原料とする、一般的な
減圧MOVPE法により、マグネシウム(Mg)F-
ZnFから成る下部クランプ層104、アンプ
0.5I n_{0.5}Pから成る下部クランプ層104、アンプ
ZnFの形(A1_{0.2}Ga_{0.8})_{0.5}I n_{0.5}P混晶から成る
発光層105、及びn形(A1_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}I n_{0.5}P
Pから成る上部クランプ層106を積層させた。クランプ
ZnF反射層103は、Al組成比を0.45とするMgF
-ZnF形A1_{0.45}Ga_{0.55}As層103aと、Al組成
比を0.90とするMgF-ZnF形A1_{0.45}Ga_{0.55}As
層103bとを5周期、重層して構成した。A1_{0.45}
Ga_{0.55}As層103aの層厚は約42nmであり、ま
た、A1_{0.45}Ga_{0.55}As層103bの層厚は約49nm
とした。
【0028】p形GaAs緩衝層102の層厚は約0.
2μmとし、キャリア濃度は約3×10¹⁸cm⁻³とし
た。クランプ層104の層厚は約0.8μmとし、キャ
リア濃度は双方共に約1×10¹⁸cm⁻³とした。
下部クランプ層104の層厚は約0.8μmとし、キャ
リア濃度は約3×10¹⁸cm⁻³とした。発光層の105
の層厚は約10nmとし、キャリア濃度は約8×10¹⁶
cm⁻³とした。
【0029】上部クランプ層106は、低及び高キャリ
ア濃度の2層から構成した。発光層105に接合させて
配置した低キャリア濃度層106aは、キャリア濃度を
約6×10¹⁷cm⁻³とし、層厚を約1.7μmとするS
i-F-Zn形(A1_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}I n_{0.5}Pから構成
した。高キャリア濃度層106aは、Seを高濃度にド
ーピングした、キャリア濃度を約1×10¹⁹cm⁻³と
し、層厚を約100nmとするn形(A1_{0.7}Ga_{0.3})
{0.5}I n{0.5}Pから構成した。
【0030】高キャリア濃度層106上には、A1を重
量含有率にして3重量%及びGaを0.5重量%含む酸
化亜鉛から成る固形成型材料(ペレット)を原料とし
て、電子ビーム真空蒸着法により酸化亜鉛層107を
形成した。発光層107を構成するn形酸化亜鉛の抵抗
はホール効果測定法によれば約4×10⁻⁴Ω・cmであ
り、層厚は約150nmとした。電子線回折解析法によ
る回折パターンから、酸化亜鉛層はc軸方向に配向した
多結晶であるのが確認された。
【0031】実施例1の記載と同様にn形電極108及
びp形オミミック電極109を形成して発光素子30を
作製した。順方向に素子動作電流を流通したところ、波
長を約620nmとする赤橙色の発光が酸化亜鉛窓層1

7p形GaAs緩衝層102、ZnF-ZnF形(A1
0.7Ga_{0.3})_{0.5}I n_{0.5}Pから成る下部クランプ層10
4、アンプ-ZnFのn形(A1_{0.2}Ga_{0.8})_{0.5}I n_{0.5}P
混晶から成る発光層105、及びn形(A1_{0.7}G
a_{0.3})_{0.5}I n_{0.5}Pから成る上部クランプ層106か
ら作製した。トリメチルアルミニウム((CH₃)₃Al
)、トリメチルガリウム((CH₃)₃Ga)及びトリ
メチルインジウム((CH₃)₃In)をIII族構成元
素の原料とし、ジエチル亜鉛((C₂H₅)₂Zn)を亜
鉛のドーピング源とした。下部クランプ層104はキャ
リア濃度を約3×10¹⁸cm⁻³に、成膜温度は730
℃、層厚は約430nmとした。また、発光層の105
の成膜温度は730℃、層厚は約12nmとし、キャリ
ア濃度は約5×10¹⁶cm⁻³とした。
【0022】上部クランプ層106は、キャリア濃度を
7×10¹⁷cm⁻³とするSi-F-Zn低キャリア濃度層1
06aと、キャリア濃度を2×10¹⁹cm⁻³とするSe
F-Zn高キャリア濃度層106bとから構成した。低キ
ャリア濃度層の層厚は約1μm、高キャリア濃度層の層
厚は約50nmとした。
【0023】上部クランプ層106の上には、一般的な
高周波スパッタリング法によりA1-F-ZnのZnから
成る窓層107を被着させた。窓層107は室温での比
抵抗を約3×10⁻⁴Ω・cmとするn形層から構成し、
層厚は約200nmとした。一般的なX線回折分析法に
より、窓層107を成す酸化亜鉛の配向性は、<000
1>方向(C軸)であること、並びに多結晶であること
が示された。
【0024】酸化亜鉛窓層107上には、A1から成る
直径が約120μmの円形のn形電極108を一般的に
フォトソリッド技術を利用して設けた。GaAs
基板101の裏面の全面には金・亜鉛合金(Au98重
量%-Zn2重量%合金)を真空蒸着した後、420℃
で2分間合金化(プロット)処理を施してp形オミミ
ック電極109となした。然る後、一辺を約350μmとす
る略正方形の個別のチップに裁断し発光素子10となし
た。
【0025】n形電極108及びp形オミミック電極1
09間に順方向に20ミリアンペア(mA)の電流を通
流したところ、酸化亜鉛窓層107の略全面からほぼ均
等な赤橙色の発光が得られた。分光器により測定され
た発光波長は約620nmであった。また、発光スペクト
ルの半値幅は約17nmであり、単色性に優れた発光が
得られた。順方向電圧(②20mA)は約1.9ボルト
(V)となった。また、発光強度は約60ミリカンデラ
(mcd)に到達した。
【0026】(実施例2)本実施例では、クランプ(B
rass)反射層を具備した(A1Ga)InP発光素
子を構成する場合を例にして、本発明を詳細に説明す
る。図3は、本実施例に係る発光素子30の断面模式

0.7の略全面から得られた。また、発光スペクトルの半値幅(FWHM)は約18nmであり、単色性に優れる発光がもたらされた。電流を20mAとした際の順方向電圧は約2Vであった。発光強度は約90mcdに達した。

【0032】

【発明の効果】本発明により、高輝度のAlGaInP発光素子を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1に記載の発光素子の平面模式図であ

る。

【図2】実施例1に記載の発光素子の断面模式図であ

る。

【図3】実施例2に記載の発光素子の平面模式図であ

る。

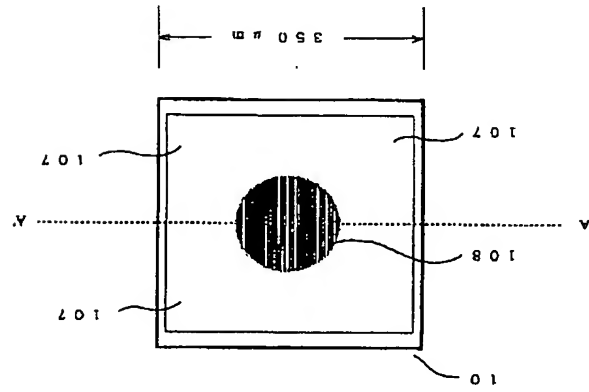
【図4】透明な導電性酸化物膜を具備した従来のAlGaInP発光素子の断面模式図である。

【符号の説明】

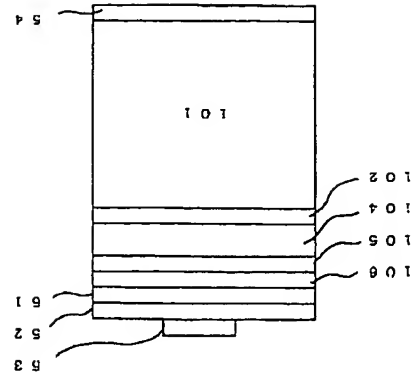
10 AlGaInP発光素子

30 AlGaInP発光素子
20 積層構造体
51 コンタクト層
52 透明導電性酸化物膜
53 上部電極
54 下部電極
101 GaAs単結晶基板
102 GaAs緩衝層
103 フラッグ反射層
103a フラッグ反射構成層
103b フラッグ反射構成層
104 下部クラッド層
105 発光層
106 上部クラッド層
106a 低キャリア濃度層
106b 高キャリア濃度層
107 n形酸化亜鉛窓層
108 n形電極
109 P形オームミック電極

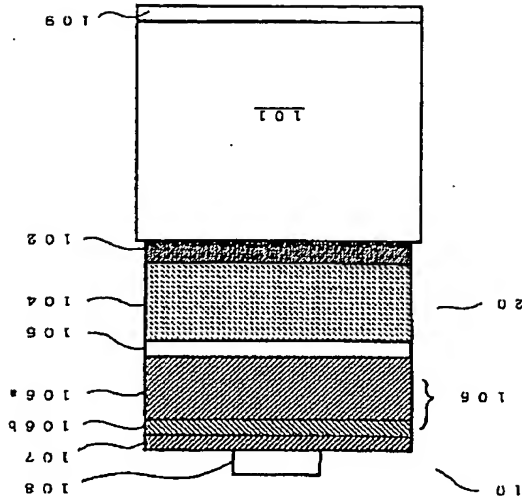
【図1】



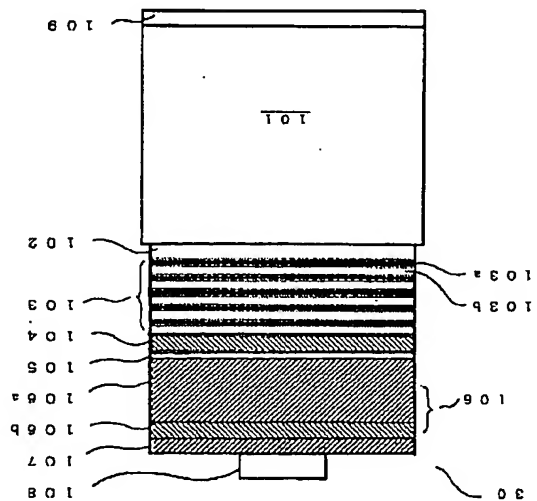
【図4】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 竹内 良一
埼玉県秩父市大字下影森1505番地 昭和電
工株式会社秩父工場内
5F073 AB17 CA14 CB02 CB07 DA05
EA24
CA98 CB36
CA35 CA41 CA64 CA82 CA88
Fターム(参考) 5F041 AA04 AA11 CA04 CA23 CA34